Aula 5

A ENERGIA NOS SISTEMAS ECOLÓGICOS

META

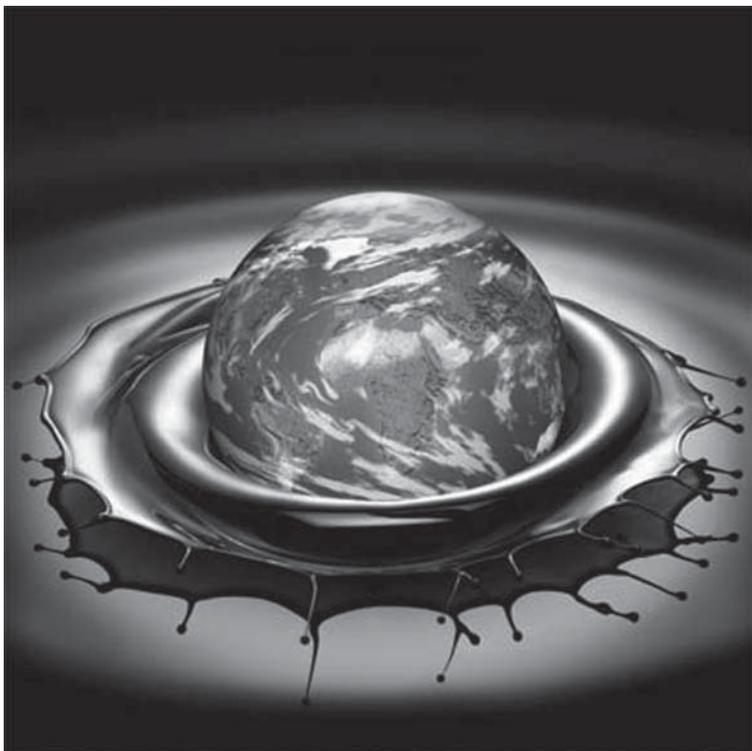
Apresentar o que é um sistema ecológico e suas propriedades.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:
definir o que é um sistema e suas partes;
construir um sistema ecológico;
identificar como ocorrem os principais processos dentro ecossistema;
distinguir as propriedades de energia e como elas afetam as interações de um sistema ecológico;
e descrever como a energia solar entra e sai na biosfera.

PRÉ-REQUISITOS

O aluno deverá revisar os assuntos relativos a adaptação em ambientes terrestres

Petróleo (Fonte: http://sol.sapo.pt).

INTRODUÇÃO

Nesta aula, veremos como se estrutura um sistema ecoló- gico. A idealização do sistema é fundamental para entendermos como funcionam as partes e o todo de um sistema ecológico. Os processos ecológicos obedecem as leis da termodinâmica, e um dos desafios é entender como se dissipa a energia e como se faz para quantificá-la. No decorrer da aula, daremos ênfase também no entendimento sobre as propriedades da energia e da luz, o que nos levará a questionamentos importantes sobre problemas atuais, como por exemplo: o aumento de energia (entropia) no sistema global a biosfera. A queima de energia fóssil que estava acumulada a bilhões de anos está revelando que há perda da capacidade dos sistemas ecológicos em reduzir carbono liberado.

Petróleo (Fonte: http://jpn.ici.com.up.pt).

SISTEMA ECOLÓGICO

CONSTRUINDO UM SISTEMA ECOLÓGICO

O QUE É SISTEMA?

Um sistema é um grupo de partes que estão conectadas e trabalham juntas.

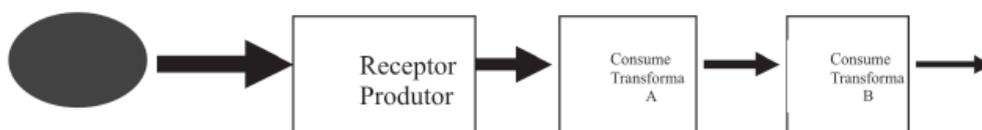



Figura 1.1 – Fluxo de energia num sistema aberto.

Observe-se que na figura (1.1) acima mostra um sistema de fluxo de energia em que as partes do sistema estão conectadas, tente relacionar os símbolos propostos. Imagine o sistema como uma usina hidroelétrica, uma fábrica ou uma floresta. Ambas necessitam algum tipo de energia potencial, esta energia é transformada em outro tipo de produto ou energia. O importante é observar que quem produz, consome ou transforma a energia faz parte de um todo "o sistema".

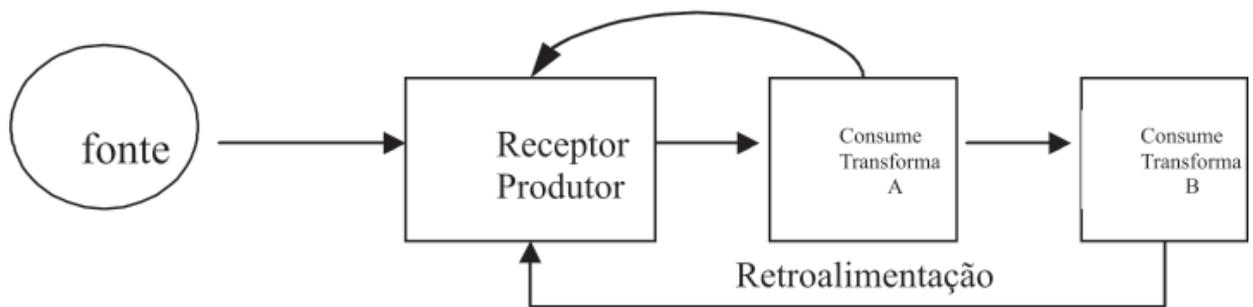



Figura 1.2 - Fluxo de energia num sistema com retroalimentação de matéria.

Na figura 1.2 trata-se de um sistema mais complexo em que há fluxo de energia e retroalimentação de matéria. Este sistema é mantido por uma fonte de energia e tem a capacidade de manter-se como, por exemplo: numa floresta. Observe a figura 1.2, agora identifique a fonte, o produtor e os consumidores, retroalimentação ou o que está sendo devolvido ao produtor. Como no exemplo anterior, a soma da energia das partes é igual ao do produtor, pois o que as partes consomem não pode retornar ao produtor o que podemos chamar de fluxo unidirecional da energia, isto porque obedecem as leis especificas da termodinâmica.

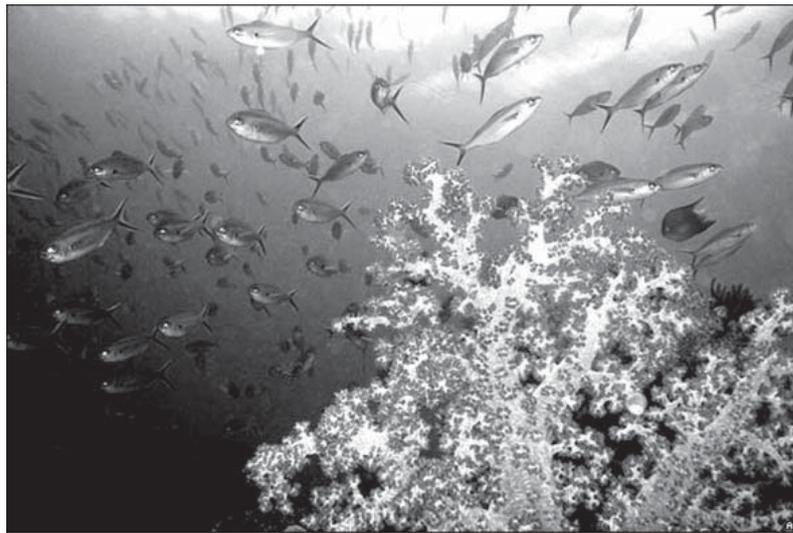
Agora, vamos entender melhor como funciona um sistema ecológico. A terra está coberta de coisas vivas e não-vivas que interatuam formando sistemas, também chamados ecossistemas (sistemas ecológicos). Um típico ecossistema contém coisas vivas como, por exemplo: árvores e animais interagindo com as coisas não-vivas como substâncias nutrientes e água.

A superfície da terra, onde existem os seres vivos, é chamada biosfera e contém ecossistemas muitos pequenos como, por exemplo, bosques, campinas, lagos e estepes.

A todos os indivíduos de uma espécie de organismos, se denomina população. Cada ecossistema contém diversas populações. Um ecossistema pode conter uma população de árvores, uma população de esquilos e uma população de gafanhotos.

As partes vivas de um ecossistema são chamadas comunidades. A comunidade está conformada pelas populações de muitas espécies que interatuam umas com as outras.

PROCESSOS DENTRO DE UM ECOSSISTEMA

Alguns organismos são capazes de elaborar seu próprio alimento a partir de produtos químicos, utilizando a energia solar; este processo se denomina fotossíntese. As plantas, que fazem os produtos alimentícios, são chamadas produtores. O alimento produzido é utilizado por células vivas para fazer mais células e formar a matéria orgânica, como a lã e a gordura. Os produtos orgânicos de organismos vivos são, algumas vezes, denominados biomassa.

EcossitemaaquaticoFotoAnonimoWwwipedcombr.tif

Certos organismos consomem produtos elaborados pelos produtores, a estes organismos se denomina consumidores. Os consumidores podem comer plantas (chamados de herbívoros), carne (carnívoros) ou assimilar matéria orgânica morta (decompositores, como fungos e bactérias).

Logo que o consumidor digeriu e utilizou este alimento, restam poucos produtos químicos de descarte. Estes produtos de descarte, que são utilizados como fertilizante para plantas, são denominados nutrientes. Quando os consumidores liberam nutrientes que voltam a ser utilizados pelas plantas, nós dizemos que foram reciclados.

A floresta, caro aluno, é um exemplo típico de um ecossistema. As árvores do dossel e outras plantas arbustivas e herbáceas abaixo do dossel são produtoras, pois utilizam a energia solar e os nutrientes químicos para elaborar matéria orgânica (folha, flores, frutos, galhos, tronco, raízes, açúcares, metabólitos secundários etc). Esta é comida pelos consumidores (microorganismos e animais) que devolvem os nutrientes quando morrem ou descartam (fezes, urina, restos) às raízes das plantas. O esquema ao lado (Figura 1.3) mostra essa parte do sistema florestal e as flechas mostram o fluxo que segue a energia, alimento e nutrientes.

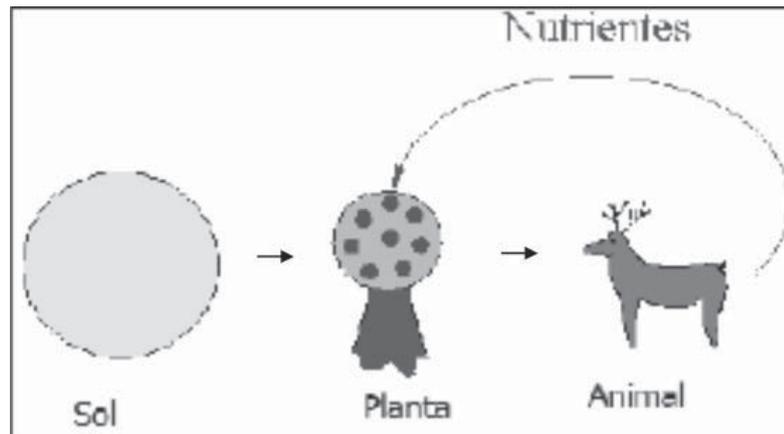



Figura 1.3 – Unidades de um sistema ecológico

Veja que as conexões entre as unidades e os caminhos da energia podem ser representadas por símbolos (muito utilizado na engenharia elétrica, proposto por Howard Odum & Eugene Odum). Assim, substituindo as partes por símbolos: o sol é representado pelo símbolo de fonte de energia, as plantas verdes são representadas pelo símbolo de produtores e os animais pelo símbolo dos consumidores. As flechas representam a direção e o fluxo da energia de uma unidade à outra. Muitos caminhos carregam materiais e energia. O que estamos propondo é um modelo (Figura 1.4) diagramático que mostra importantes relações em forma simplificada.

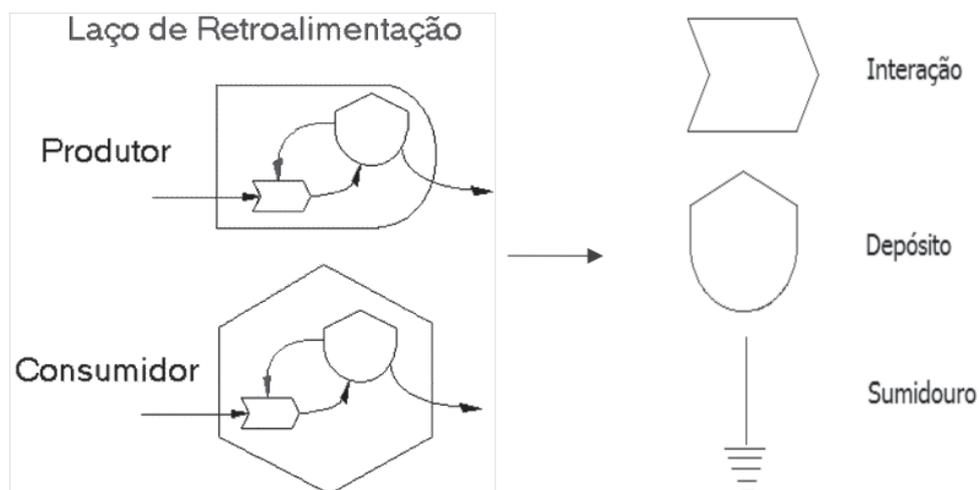



Figura 1.5 - Unidades internas de um produtor e um consumidor.

No processo de fotossíntese mostra que internamente, (Figura 1.5), o produtor acumula energia nos depósitos, pois há interação combinando a necessidade de consumir nutrientes e energia nos depósitos para fazer mais fotossíntese. A produção também necessita de certa quantidade de plantas (depósito de biomassa de planta) para efetuar o trabalho de fotossíntese. Um consumidor também tem um processo de interação com o depósito

de energia e nutrientes. No exemplo do consumidor primário ou animal herbívoro o processo de interação é o de comer as plantas. O depósito é a biomassa do tecido do animal. As partes e caminhos internos a um consumidor são similares aos de um produtor.

Observe que existem linhas que fluem dos depósitos novamente aos processos de interação. Isto indica que o depósito de biomassa está envolto na produção de mais biomassa. Uma linha que retorna desde a esquerda do diagrama se chama retorno, ou retroalimentação. A energia está disponível para realizar trabalho somente quando está relativamente concentrada. Quando a energia se dissipa, perdendo sua concentração e sua capacidade de realizar trabalho útil, dizemos que está dispersa. Algo de energia está sempre sendo disperso de um depósito de energia concentrada, ou quando é usada em um processo de interação. A dispersão de energia que acompanha todos os depósitos e processos se mostra com o símbolo de sumidouro de calor, isto é, a energia dispersa não pode ser usada novamente.

Muita da energia solar usada no processo de produção é dispersa durante seu uso. É necessário dispersar a maioria da energia solar incidente para poder produzir um pequeno depósito de energia como biomassa. Quando um animal consumidor come uma planta, a maioria da energia do alimento é dispersa para manter o animal com vida e operar os processos de crescimento.

UM SISTEMA ECOLÓGICO: UMA MATA

As partes de uma mata ou floresta expostas nas figuras anteriores podem ser integradas para mostrar um sistema florestal completo de forma simples, como se mostra no diagrama abaixo. A caixa desenhada ao redor dos símbolos marca os limites do sistema, as bordas da mata. Somente os símbolos da fonte de energia e o sumidouro de calor são desenhados fora dos limites, isto devido que a primeira é abastecida por uma fonte externa ao sistema, e no sumidouro de calor a energia é dispersa do sistema e não pode ser reutilizada (Figura 1.6).

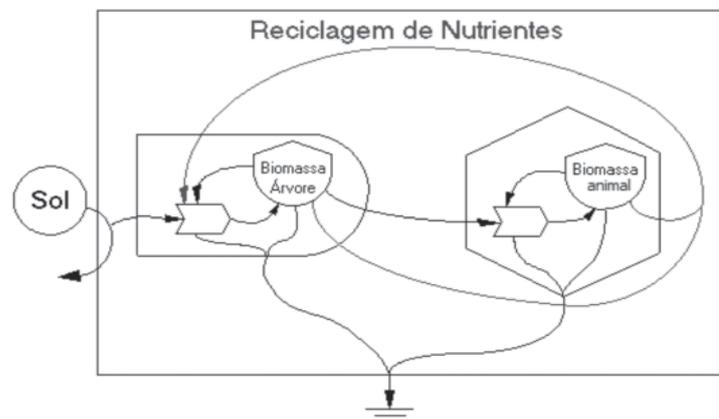



Figura 1.6 - Ecossistema florestal simplificado por símbolos, todos dissipam energia para o sumidouro. Observe que falta o símbolo dos decompositores. Onde eles entrariam neste sistema?

Devido que a parte da energia solar flui pela floresta sem ser utilizada, a linha do sol é desenhada com um braço que sai novamente do sistema. Os nutrientes liberados pelos consumidores se mostram reciclados desde a esquerda voltando novamente ao processo de produção da planta.

Em resumo, os símbolos de energia mostram como estão conectados as partes produtoras e consumidoras de um ecossistema, o uso da energia, a reciclagem de materiais e o uso do depósito para ajudar nos processos de produção.

PROPRIEDADES DA ENERGIA NOS SISTEMAS ECOLÓGICOS

Energia é a capacidade de realizar trabalho. Essa capacidade pode manifestar-se sob várias formas: radiação eletromagnética, energia potencial ou incorporada, energia cinética, energia química (dos alimentos) e calor.

A primeira lei da termodinâmica, conservação da energia, estabelece que a energia possa ser transformada de um tipo em outro, mas não pode ser criada nem destruída. São exemplos dessas transformações: luz em calor, energia potencial em cinética.

Sua segunda lei (da entropia) dispõe que nenhum processo de transformação energética ocorrerá espontaneamente, a menos que haja degradação de energia de uma forma concentrada em uma forma mais dispersa (ou desorganizada). Por isso, nenhuma transformação em energia é 100% eficiente. A entropia (dS) é uma medida de energia não disponível, que resulta das transformações energéticas. Sua variação é sempre positiva em qualquer transformação.

$S2 - S1 = d S > 0$ (sub-sistema 2 - sub-sistema1)

Os organismos vivos possuem uma característica termodinâmica essencial: conseguem criar e manter um alto grau de ordem interna ou uma condição baixa de entropia, o que é obtido através de processos biológicos contínuos e eficientes de dissipação energética.

Luz à ($dS < 0$) alimento
Alimento à calor
Biomassa à Respiração à ($dS > 0$) aumenta a desordem ($dS > 0$) à calor

A biomassa é mantida graças aos processos biológicos (respiração e biossíntese) que continuamente expulsa dos organismos moléculas menos organizada estruturalmente, as quais levam consigo a entropia gerada em todo o processo termodinâmico. A respiração "expulsa" a desordem obedecendo as limitações termodinâmicas. A razão R/B (razão entre manutenção

da estrutura e a respiração) foi cunhada por Schrödinger, como sendo a razão da ordem termodinâmica ou taxa de reposição ecológica.

ENERGIA RADIANTE E O ESPECTRO DA LUZ SOLAR

Quase toda energia é eletromagnética (Figura 1.7) sendo uma pequena porção da natureza corpuscular. A energia radiante compõe-se de dois campos: elétrico e o eletromagnético e é capaz de se propagar no vácuo.

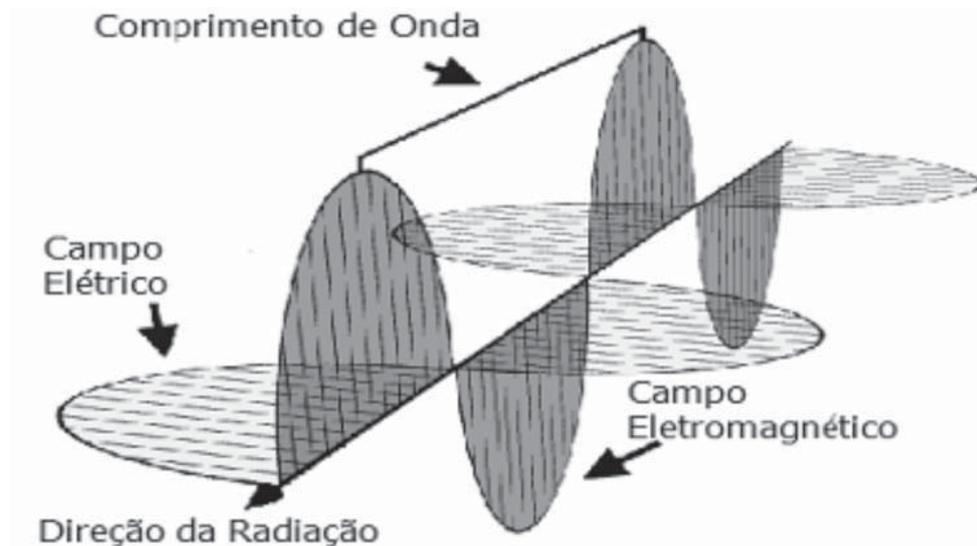



Figura 1.7 - Energia radiante compõe-se em dois campos: elétrico e eletromagnético capaz de se propagar no vácuo.

A energia radiante pode ser tipificada segunda a sua quantidade (unidade de energia) e sua qualidade (freqüência/comprimento de onda).

v = 1/l

v= freqüência, l = comprimento de onda (l lambda)

O sol emite energia eletromagnética (Figura 1.9) cujo comprimento de onda vai de centenas de metros até valores inferiores 10-10 metros. No entanto, 99% dessa energia concentra-se em um espectro limitado a 0,15 – 4,0 mm. A luz visível restringe-se entre 0,40 – 0,70 mm (ou 4.000 a 7.000 Å).

Toda radiação eletromagnética propaga-se no vácuo a uma velocidade constante

(c = 3,0 x 108 m/s).

l = v. c

O espectro visível de interesse biológico tem comprimento de onda entre 0,38 – 0,75 mm, a luz violeta um comprimento de onda (l) igual a

0,43 mm e o vermelho tem do comprimento de onda 0,73 mm. As radiações com comprimentos de onda abaixo da faixa da radiação ultravioleta (UV) são designadas por raios – x, raios (g, b, a,) gama, beta e alfa, e outros raios cósmicos n° (neutrinos). Radiações acima do comprimento de onda, superiores ao infravermelho (IV), são tradicionalmente designadas por ondas de radar, radio e hertzianas, são bastante longas. Essas ondas têm a capacidade de serem refletidas pela atmosfera.

Em 1900, Max Planck enunciou a teoria dos quanta segundo a qual a emissão de energia radiante (E) faz-se de forma descontinua, implicando uma estrutura "granular" de energia ou os quanta.

$E= h.v$

O h = constante de Planck (6,625 x 10-34 J/s). Essa energia granular ou quantum de energia equivale a um fóton. Quanto menor for o comprimento de onda (l), maior será sua freqüência (v) e, portanto, fótons na região violeta são mais energéticos que na região do vermelho.

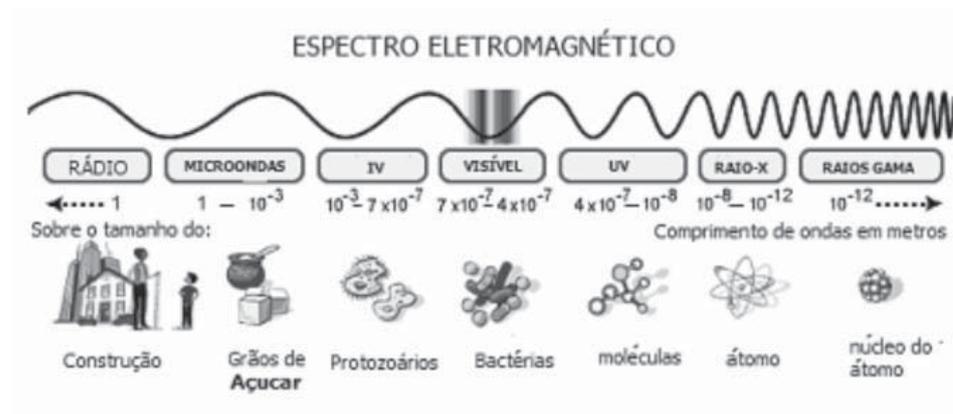



Figura 1.8 - Espectro eletromagnético e uma comparação relativa

OS CAMINHOS DA ENERGIA NA BIOSFERA

A luz solar que atinge o topo da biosfera chega a uma taxa constante de 1,94 (cal/cm2)/min., porém 67 % dessa energia chega a superfície terrestre, ao nível do solo 1,34 (cal/cm2)/min.

A radiação solar sofre consideráveis modificações qualitativas e quantitativas ao atravessar a atmosfera terrestre. Tais modificações são influenciadas por vários fatores, entre eles a topografia, a latitude, o clima, bem como a composição gasosa da atmosfera. A água e o gás carbônico absorvem ativamente a radiação na faixa do infravermelho.

A quantidade de radiação é quase constante no Equador (7900 a 8200

Radiacao solar (Fonte: http://www.usp.br).

(cal.cm-2)/dia. Nos pólos pode variar de 1100 (cal.cm-2)/dia. O hemisfério Sul recebe em média mais energia que o do Hemisfério Norte, uma vez que a Terra está no periélio durante o verão austral. A maioria dos ecossistemas terrestres, o fluxo diário de energia situa-se entre 100 e 800 (cal.cm-2)/dia

AS LEIS DA ENERGIA

No diagrama energético da floresta (Figura 1.9) ilustra bem as duas leis fundamentais:

A primeira é a Lei da Conservação de Energia que declara que a energia não pode ser criada nem destruída. Em nosso caso, significa que a energia que flui para dentro de um sistema é igual à energia adicionada ao depósito, mais aquela que flui para fora do sistema. Veja que os depósitos não estão mudando, a soma das entradas é igual à soma das saídas de energia; os joules de energia que entram no sistema das fontes externas são iguais aos joules de energia que se dispersam pelo sumidouro.

A segunda lei é a Lei de Dispersão de Energia. Esta lei declara que a disponibilidade para que a energia realize algum trabalho se esgota devido à sua tendência à dispersão (se degrada). A energia também se dispersa dos depósitos de energia. Quando apresentamos o símbolo do sumidouro de calor no último capítulo, dissemos que os sumidouros de calor eram necessários para todos os processos e depósitos. Os sumidouros de calor são necessários devido à segunda lei.

Observe que os caminhos da dispersão de energia no diagrama da

floresta na figura 1.9, os joules de energia que fluem pelo sumidouro de calor não estão disponíveis para realizar mais trabalho porque a energia se encontra demasiado dispersa. A energia que se dispersa é energia utilizada, não é energia desperdiçada; sua saída do sistema é parte inerente e necessária de todos os processos, biológicos ou qualquer outro.

Assim, o modelo proposto é muito simples para um ecossistema florestal real e ainda em equilíbrio ou maduro, note que fizemos uma introdução dos símbolos para diagramar as partes e os processos ecológicos. Continuaremos usando o mesmo modelo, mostrando o armazenamento e os fluxos dos resíduos, nutrientes, dióxido de carbono e oxigênio. Para sobreviver, um ecossistema necessita de um abastecimento contínuo de materiais essenciais. Estes podem vir de fora do sistema, da reciclagem dos materiais ou de ambos. Um diagrama de sistema pode ser usado para mostrar as fontes e fluxos dos materiais mais importantes e da energia. Um diagrama também pode ser desenhado para mostrar as fontes e fluxos de cada tipo de material separadamente.

Os sistemas ecológicos crescem em função de sua produtividade em biomassa acrescentando e perdendo energia para fora do sistema através de dois processos biológicos importantes: assimila carbono e energia através da fotossíntese pelas plantas e através de quimiossíntese pelas bactérias e perde energia através da respiração. Geralmente, pode-se resumir o processo de produção da fotossíntese pelas plantas verdes (por exemplo: folhas das árvores) com ajuda de energia solar, da seguinte maneira:

(água) + (dióxido de carbono) + (nutrientes) = (material orgânico) +(oxigênio)

O processo de consumo orgânico pelos consumidores (incluindo fogo e consumo industrial de combustíveis) ocorre em direção contrária:

(material orgânico) + (oxigênio) = (água) + (dióxido de carbono) + (nutrientes)

Os processos de produção e consumo em uma floresta se mostram, com ajuda de símbolos, na figura 1.9

As partes e processos mostrados no diagrama de uma mata (figura 1.9) integram um ecossistema trabalhando. As diversas plantas verdes utilizam a energia do sol, água e nutrientes do solo e dióxido de carbono do ar para produzirem matéria orgânica. Parte da matéria orgânica é alimento de insetos quando ainda está verde, parte é consumida por micróbios (organismos microscópicos) logo que cai ao solo, parte se queima nos incêndios. Os consumidores usam oxigênio do ar e liberam nutrientes, dióxido de carbono e um pouco de água como subprodutos.

O vento é uma fonte externa que renova a atmosfera de oxigênio e dióxido de carbono. Quando o vento sopra através da mata leva o excesso de dióxido de carbono acumulado pelos consumidores.

Depois de alguns anos, o ecossistema florestal pode entrar em equilíbrio. A água flui para dentro e para fora do ecossistema; os nutrientes se movem desde o solo até aos organismos vivos e voltam a ele novamente. Organismos crescem, morrem se decompõem e seus nutrientes retornam ao sistema. Se os depósitos permanecem constantes, com os fluxos de entrada iguais aos de saída, se diz que o ecossistema está em estado de equilíbrio.

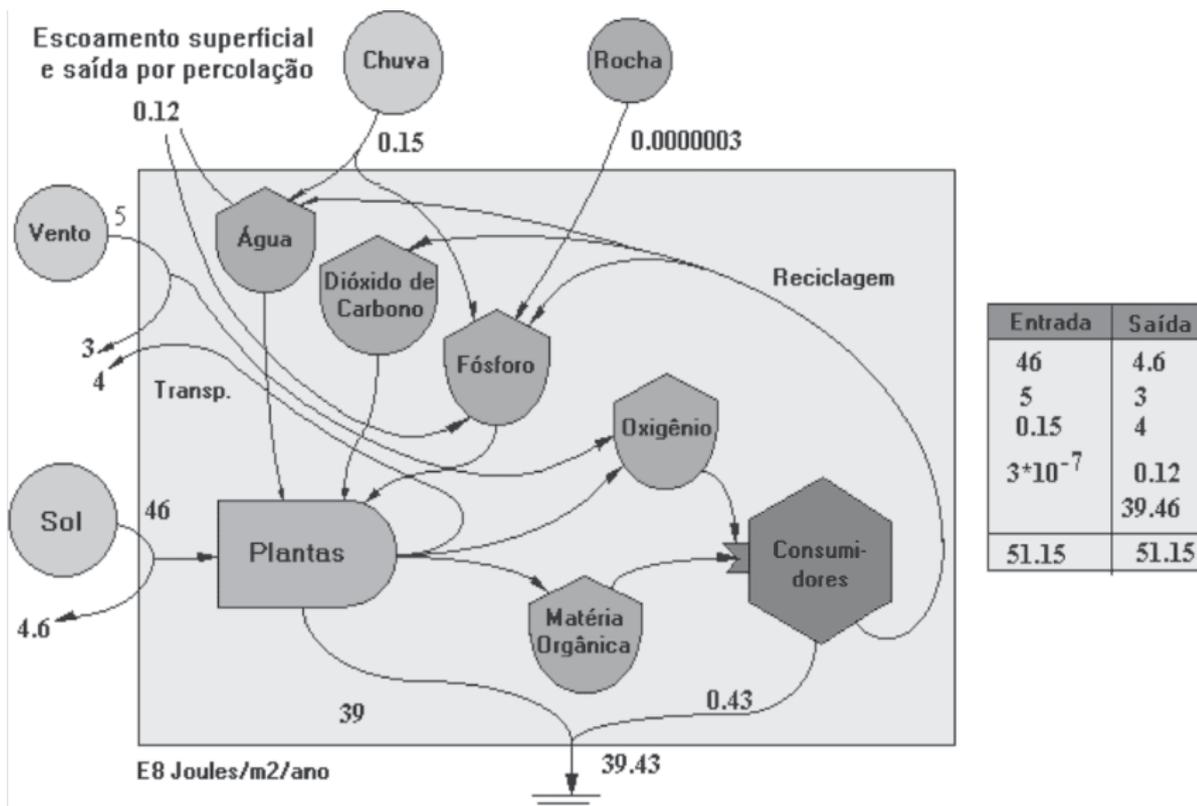



Figura 1.9 - Diagrama de produção fotossintética e do consumo orgânico numa floresta em equilíbrio, mostrando fontes, fluxos de energia, sumidouro de calor, reciclagem e o balanço de entradas e saídas. Os números nos caminhos estão em E6 joules por metro quadrado de floresta por ano.

QUANTIFICAÇÃO DOS FLUXOS DE ENERGIA

A energia é necessária para todos os processos no ecossistema. A quantidade de energia pode ser medida pelo calor liberado. Existem duas unidades comumente usadas para medir energia. A caloria é a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um grama de água em um grau na escala Celsius (grau centígrado). Uma quilocaloria representa mil calorias. Um corpo humano libera cerca de 2500 quilocalorias por dia, energia proporcionada pelos alimentos consumidos.

Por acordos internacionais, uma unidade de energia é definida de varias

maneiras, depende de como se está utilizando com maior freqüência. O Joule (J), 1j é quantidade de energia de trabalho necessário para elevar 1kg a uma altura de 1 metro. O watt é a principal unidade de potência sendo definido como 1j.s-1 ou 0,239 cal.s-1. 1cal é definida como sendo a energia térmica necessária para elevar a 1°C a temperatura de 1g de água destilada de 15° para 16°C. Outra unidade de energia muito utilizada é o Kcal ou um quilocaloria (kcal = 1000 cal) é equivalente a 4186,8 joules. 1 cal.cm-2.min = 670 lux. Uma medida fácil de ser feita por um instrumento de medição de intensidade luminosa, Luximetro ao meio dia 52000 lux.

No exemplo demonstrado na figura 1.9 observe que a mata usa a energia do sol (energia solar) e pequenas quantidades de outras fontes, vento, chuva e rocha matriz. As fontes energéticas, depósitos e fluxos do ecossistema estão quantificados em joules e não em calorias.

Assim, o diagrama inclui alguns números elevados de energia solar diariamente. Os números elevados com muitos zeros podem representar como o produto da parte inicial do número multiplicado por 10 para cada zero. Por exemplo: 627000 J.ano-1.m-2 podem ser representados como: 6,27.105 Joules ou, pode se usar o seguinte formato nos programas de computação: 6.27 E5 Joules, na qual E5 (5 exponencial) significa multiplicar 10*5. Isto é o mesmo que adicionar 5 zeros. Esta última notação é usada na figura 1.9 para indicar o fluxo de joules.

CONCLUSÃO

Nesta aula, tratamos dos princípios básicos da formulação de um sistema ecológico e as interações dentro de suas partes. Para exemplificar utilizamos um modelo simples, estruturamos o sistema de uma mata que simplifica as conexões realizadas: o fluxo de energia regida pela leis da termodinâmica. Algumas características da energia dentro sistema permitem a sua quantificação.

RESUMO

Na aula de hoje, vimos o que é um sistema, como se constrói um sistema ecológico e como ocorrem os processos dentro de um ecossistema. Vimos também as propriedades da energia nos sistemas ecológicos; energia radiante e o espectro da luz solar; os caminhos da energia na biosfera; as leis da energia e a quantificação dos fluxos de energia num ecossistema.

ATIVIDADES

1. Escreva ao lado de cada palavra o seu símbolo. O objetivo desta atividade é levar você a conhecer e reconhecer os símbolos necessários para construir um sistema ecológico (Odum, 2005).

a) produtor
b) consumidor
c) decompositor
d) fotossíntese
e) população
f) nutrientes
g) dispersão de energia
h) processo de interação
i) depósito (armazenamento)
j) produção
k) fonte
l) biosfera
m) retroalimentação
n) biomassa
o) fixador de nitrogênio
p) nutrientes
q) transpiração
r) quilocaloria
s) joule
t) estado de equilíbrio
u) microorganismos

COMENTÁRIO SOBRE AS ATIVIDADES

Nesta atividade, você irá construir seu glossário de termos ecológicos. Você pode utilizar os livros didáticos e consultar o site www.wikipedia.org/wiki

2. Use a figura do ecossistema florestal para construir um ecossistema de lago. Inicialmente desenhe os oito símbolos necessários para construir um ecossistema de lago, utilizado nesta unidade, e explique o que representa cada um.
3. Mencione três funções importantes do vento no ecossistema florestal e no lago.
4. Mencione dois consumidores no ecossistema florestal e no lago.
5. Diga a diferença entre evaporação e transpiração e qual sua importância nos dois sistemas (floresta e lago).
6. Faça a conversão, conforme exemplo:

azul $\lambda = 0,45\ \mu m$	Vermelho $\lambda = 0,65 \mu m$
$\lambda v = C$	$\lambda . v = C$
$v = 3,0 X 10^8$ m/s OU $0,45 X 10^{-6}$ m	$v =$
$v = 6,667 * 10^{14}$ s	$v =$
ENERGIA DO FÓTON	
Energia do fóton no Azul	Energia do fóton no vermelho
E = h.υ $6,625 * 10^{-34}$ j/s * $6,67 * 10^{14}$ s	E =
E = $6,67 * 10^{-19}$ j (joules)	E =
MOLAR DE ENERGIA =>1 MOL = 6 * 10^{23} molecular ou partículas	
Molar de energia de 1 fóton luz no Azul	Mol de fóton no vermelho
E(mol) = 1foton da luz * nº de Avogadro fótons	E(mol) =
E (mol) =$6,67 * 10^{-19}$j * $6,0 * 10^{23}$mol	E(mol) =
E(mol) =$2,65*10^5$ j	E(mol) =
CALORIAS => 1 Cal = 4,18 J	
Calorias em J (1 mol de luz) Azul	Cal. em J (1 mol de luz) vermelho
E(mol) = Quant. J produzido por 1 de luz / 4,12 J	E(mol) =
E(mol) = $2,65*10^5$ j/4,18j = 63000 Cal.ou $6,3*10^4$	E(mol) =
Transformando em calorias em 1 K.cal = 1000 cal	
1mol de Energia no azul em K.cal	
$6,3* 10^4$ cal / $1 * 10^3$ = 63 Kcal (m^2 / s^2)	

NOTAS EXPLICATIVAS

Conversões e unidades.

1,0 cm	0,01m
1,0 mm	0,001 m
1µ	0,000 0001 m
1µ	10000Å
1Å	10^{-10} m

Distribuição relativa da radiação incidente sobre a superfície da terra.

TIPO DE RADIAÇÃO	PERCENTUAL
UV (λ <0,3 μm	10%
VIS (λ 0,4 - 0,7 μm)	45%
UV(λ >0,7 μm)	45%

PRÓXIMA AULA

Na próxima aula, veremos como os organismos vivos obtêm energia e carbono para sua estrutura. Dois processos biológicos são importantes rever: como assimila-se e perde o carbono e qual o tipo de energia é utilizada pelas plantas e bactérias.

REFERÊNCIAS

BEGON, M.; TOWNSEND C. R.; HARPER, J. L. Ecologia de indivíduos a ecossistemas. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
ODUM, E. P.; BARRET, G. W. Fundamentos de Ecologia. 5 ed. São Paulo: Thompson Learning, 2007.
ODUM, H. T. et al. Environmental systems and public policy. Ecological Economic Program, University of Florida. Boca Raton/Flórida/EUA: CRC Press, 1997.
PINTO-COELHO, R. M. Fundamentos em Ecologia. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p.140 -145.
PHYLLIPSON, J. Ecologia energética. São Paulo: Editora Nacional, 1977.
RICKLEFS, R. E. A economia da natureza. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003.
TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. Fundamentos da Ecologia. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.
http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/index.htm.
http://www.universia.com.br/mit/curso.asp.